

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа базовой инженерной подготовки
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование модели движения жидкости с тупиковом и сквозном капиллярах

УДК 620.179.1:532.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ван Боюз		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Лобанова И.С.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ларионова.Е.В	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Б.Б.	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
P1	Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P2	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus (1.1., 2.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17) CDIO Syllabus (3.2) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus (2.4) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа базовой инженерной подготовки
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения _____ весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.03.2018	1. Теоретические основы капиллярного контроля	...
16.04.2018	2. Моделирование движения жидкости в цилиндрическом капилляре	...
07.05.2018	3. Экспериментальное определение движения жидкостей в капиллярах	
24.05.2018	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
30.05.2018	5. Социальная ответственность	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Лобанова И.С.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Б.Б.	к.т.н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа базовой инженерной подготовки
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Мойзес Б.Б.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
151640	Ван Боюз

Тема работы:

Исследование модели движения жидкости в тупиковом и сквозном капиллярах	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	9954/с от 19.12.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Объект исследования: определение скорости движения жидкости в тупиковых и сквозных капиллярах. Предмет исследования: оценка проникающей способности жидкостей. Средство контроля: жидкость. Вредных влияний на окружающую среду нет. Экономический анализ исследования.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Анализ литературных источников с целью определения зависимостей движения жидкостей в сквозных и тупиковых капиллярах; - Подготовка эксперимента по оценке проникающей способности жидкостей в цилиндрические капилляры; - Апробация работы
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2007
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
Раздел	Консультант

Финансовый ресурсоэффективность ресурсосбережение	менеджмент, и	Николаенко Валентин Сергеевич
Социальная ответственность		Ларионова Екатерина Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.01.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Лобанова Ирина Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ван боюз		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
151640	Ван боюэ

Школа	ШБИП	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИИ):	Затраты на выполнение НИИ включают в себя затраты на сырье, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, основную и дополнительную заработную плату исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	НИИ выполнялась в соответствии со стандартной системой налогообложения, отчислений, кредитования
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Предпроектный анализ	Определение потенциальных потребителей результатов исследования и анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. Инициация проекта	Информация о заинтересованных сторонах проекта, цели и ожидаемые результаты НИИ, трудозатраты и функции исполнителей проекта
3. Планирование управления научно-техническим проектом	Составление перечня этапов и работ по выполнению НИИ, составление калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов
4. Оценка сравнительной эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя эффективности НИИ, за счёт определения его основных составляющих: финансовой эффективности и ресурсоэффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Карта сегментирования рынка 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений 3. График проведения и бюджет НИИ 4. Календарный план проекта 5. Количество этапов и число исполнителей, занятых на каждом этапе 6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151640	Ван Боюэ		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Ван Боюз

Школа	ШБИП	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект – пенетрант капиллярного контроля
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Повышенный уровень шума на рабочем месте Недостаточное освещение рабочей зон отклонение показателей микроклимата на рабочем месте Электрический ток Функциональное перенапряжение Умственное перенапряжение Перенапряжение анализаторов Моногонность труда
2. Экологическая безопасность	Требование экологической безопасности при разработке, производстве, эксплуатации, техническом обслуживании, ремонте и утилизации электроприборов
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Правила пожарной безопасности при разработке и эксплуатации электроприборов
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Нормы рабочего времени при работе за ПК Организации рабочей зоны при работе за ПК

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ван Боюз		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Исследование модели движения жидкости в тупиковом и сквозном капиллярах» состоит из текстового документа, выполненного на 79 страницах. Текстовый документ содержит 15 таблицы, 33 рисунка.

Ключевые слова: капиллярный, контроль, моделирование, жидкость, капилляр.

Объектом исследования является определение скорости движения жидкостей, таких как пенетрант и спирт, в тупиковых и сквозных капиллярах.

Цель выпускной работы - исследование движения жидкостей в сквозных и тупиковых цилиндрических капиллярах.

В процессе выполнения работы было рассмотрено движение жидкости, в зависимости от диаметра капилляров, угла наклона капилляра относительно горизонтали, разных жидкостей. Проведено моделирования движения жидкости в капилляре, с помощью программы Project.

В результате получили сравнение теоретических результатов с результатами эксперимента.

Область применения – капиллярный неразрушающий контроль.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ ..	13
1.1. Капиллярный контроль промышленных объектов	13
1.2. Дефекты изделий, обнаруживаемые при капиллярном контроле.....	14
1.3. Основные моделируемые типы дефектов.....	15
1.3.1. Цилиндрический капилляр	16
1.4. Гидродинамика проникновения жидкости в полости дефектов.....	19
ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ПОЛОСТИ ДЕФЕКТОВ	24
2.1. Описание программы Project	24
2.2. Модельные эксперименты	25
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ В КАПИЛЛЯРАХ.....	37
3.1. Описание эксперимента	37
3.2. Применяемые материалы и оборудование.....	38
3.2.1. Цилиндрические капилляры	38
3.2.2. Установка для фиксации капилляров.....	39
3.2.3. Применяемые жидкости.....	39
3.3. Обсуждение результатов	40
3.4. Сравнение теоретических результатов с результатами эксперимента	46
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	53
4.1. Оценка перспективности исследований	53
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	53
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции и ресурсосбережения.....	55

4.1.3. SWOT-анализ	58
4.2. Планирование научно-исследовательской работы	60
4.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	61
4.3.1. Определение трудоемкости выполнения работ	61
4.3.2. Разработка графика проведения научного исследования	65
4.3.3. Бюджет научно-технического исследования	66
4.3.4. Расчет материальных затрат	67
4.3.5. Основная заработная плата исполнителей темы	69
4.3.6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	71
4.3.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	72
4.3.8. Накладные расходы	73
4.4. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	74
4.5. Определение социальной и экономической эффективности исследования	76
ГЛАВА 5 .СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	77
5.1. Производственная безопасность.	77
5.2. Экологическая безопасность.	79
5.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	79
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

На основе теории физики, химии и материаловедения проводится эффективная проверка различных технических устройств, компонентов и изделий. Оценить их целостность, безопасность и надежность можно с помощью методов неразрушающего контроля. Существуют пять основных видов методов неразрушающего контроля: ультразвуковой, вихретоковый, капиллярный, магнитный и радиационный, позволяющие оценить качество опасных производственных объектов без нарушения целостности материала оборудования.

Капиллярный контроль является одним из методов контроля качества, экономии сырья, улучшения процессов и обеспечения производительности труда при ее производстве.

Цветной метод капиллярного контроля широко используется в промышленности при оценке состояния оборудования, в т.ч. работающего под давлением, например, бойлеры, сосуды, напорные трубы; различные грузоподъемные механизмы такие как лифты, подъемные устройства, пассажирские канатные дороги и большие развлекательные объекты. Люминесцентный метод контроля проникающими веществами особенно широко применяется в оборонной промышленности, такой как авиация, аэрокосмическая промышленность, оружие, военные корабли и атомная энергия.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ

1.1 Капиллярный контроль промышленных объектов

Капиллярные методы применяют для обнаружения поверхностных дефектов основного материала деталей из непористых материалов, а также гальванических покрытий. В условиях заводов-изготовителей технических изделий капиллярными методами проверяют детали и узлы ответственного назначения, испытывающие в условиях эксплуатации значительные нагрузки. При эксплуатации техники капиллярные методы наиболее эффективны для контроля деталей, снятых или расположенных в легкодоступных местах технических изделий, главным образом деталей, не имеющих защитных лакокрасочных покрытий или с покрытиями, которые перед контролем легко удаляются с поверхности деталей с помощью смывок и растворителей.

Капиллярные методы преимущественно применяют для контроля жаропрочных, жаростойких и цветных сплавов (никелевых, алюминиевых, магниевых и т.д.) в тех случаях, когда использование ультразвукового и вихретокового методов невозможно или нецелесообразно. Иногда их используют для подтверждения наличия поверхностных дефектов, обнаруженных указанными методами, для их визуализации, анализа, демонстрации и фотографирования. Применение капиллярных методов в качестве арбитражных ограничено, так как с их помощью можно подтверждать наличие только поверхностных дефектов, полости которых открыты и свободны от загрязнений, что наблюдается далеко не всегда.

Контроль деталей сложной формы с пазами, проточками, галтелями и отверстиями в проверяемых зонах возможен, если пенетрант можно удалять с поверхности. Это достигается, если ширина пазов проточек, радиусы галтелей и отверстий, имеющих в зоне контроля, не менее 3 мм.

На поверхности, контролируемой капиллярными методами, не должно быть глубоких рисок, заусенцев, подрезов, наплывов металла и повреждений, образовавшихся в процессе литья. При капиллярном контроле они могут образовывать индикаторные рисунки, схожие с рисунками трещин, что может вводить в заблуждение контролеров-дефектоскопистов и затруднять обнаружение реальных трещин. Поверхность пазов, внутреннюю поверхность отверстия и труб можно проверить на глубину не больше диаметра отверстия, трубы или ширины паза. Предпочтительна шероховатость поверхности в зоне контроля не хуже пятого класса (высота неровностей профиля по десяти точкам Rz 20 мкм). Проверяемая зона не должна быть закрыта какими-либо элементами конструкции данной детали другими деталями от прямого наблюдения. Она должна быть доступна для выполнения технологических операций контроля. Свободное пространство у зоны контроля должно позволять работать двумя руками. Капиллярные методы в основном применяют для контроля изготовленных из немагнитных сплавов (лопаток статора и ротора турбины и компрессора авиадвигателей, корпусов форсунок, трубопроводов, кронштейнов, тяг систем управления и т.д.).

1.2 Дефекты изделий, обнаруживаемые при капиллярном контроле

При ремонте и техническом обслуживании изделий в условиях эксплуатации капиллярными методами в основном обнаруживают поверхностные дефекты материала деталей и узлов, появляющиеся в условиях эксплуатации. К дефектам эксплуатационного характера, обнаруживаемым капиллярными методами, относятся все возможные виды трещин, такие как усталостные, ползучести, коррозионные, а также расслоения, растрескивание материала, эрозионно-коррозионные повреждения и забоины.

В условиях ремонтных заводов, кроме того, иногда обнаруживаются дефекты кроме производственно-технологического характера, возникающие в процессе выполнения технологических операций изготовления деталей и узлов, по объективным или субъективным причинам пропущенные на заводе-изготовителе техники. К таким дефектам относятся волосовины, расслоения и закаты, непровары, подрезы, пористость сварных швов и трещины различного происхождения.

Пропуск дефектов на заводах-изготовителях может быть обусловлен их малым раскрытием (за пределами чувствительности используемых методов контроля), применением неоптимальных способов и технологий неразрушающего контроля, неэффективных способов предварительной очистки деталей перед капиллярным контролем или другими причинами. В последующем ранее невыявляемые дефекты становятся выявляемыми вследствие их уширения или вскрытия под действием эксплуатационных нагрузок.

1.3 Основные моделируемые типы дефектов

Как показано на рисунке 1, условно капиллярные дефекты подразделяют на следующие виды: поры, трещины с параллельными стенками, трещины с непараллельными стенками, конического сечения. В основном же трещины имеют произвольную геометрию.

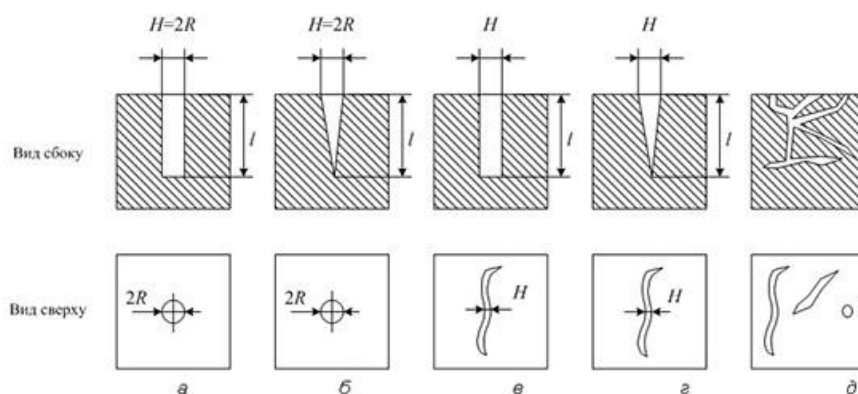


Рисунок 1. Основные моделируемые при теоретических расчетах виды поверхностных тупиковых трещин: а – цилиндрическая пора; б – коническая пора; в – трещина с параллельными стенками; г – трещина произвольной геометрии

Совершенно идеальных круглых или прямоугольных дефектов нет, на рисунках представлены идеализированные модели трещин. На практике дефекты далеки от идеала и наиболее часто представляют собой конгломерат близких к цилиндрическим, овальным и другим моделируемым капиллярным несплошностям, сообщающимся и не сообщающимся между собой.

1.3.1. Цилиндрический капилляр

Для сотрудников капиллярного контроля, знание заполнения жидкостями капиллярных дефектов тупикового типа играют важную роль, как показано на рисунке 2. Например, предельная глубина l_{∞} и продолжительность заполнения жидкостью полости на заданную глубину t , которые влияют на процесс растворения и диффузии запертого в полости газа.

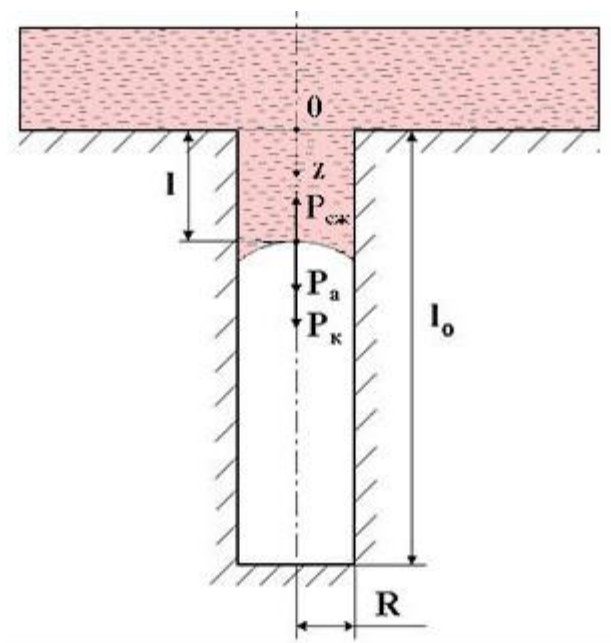


Рисунок 2. Заполнение цилиндрического капилляра проникающей жидкостью

Сначала опишем перемещение мениска жидкости в цилиндрическом капилляре на первом этапе, т.е. пренебрегая процессами растворения и диффузии газа. Движущие силы процесса. - Это капиллярное и атмосферное давление, а также давление сжатого газа.

Капиллярное P_k и атмосферное давление P_a направлены внутрь капилляра. Им противодействует давление $P_{сж}$ сжатой в полости капилляра газ (обычно воздуха или паровоздушной смеси).

На рисунке 4 начало отсчета цилиндрической системы координат совмещено с центром круга входного сечения капилляра, ось Z направлена внутрь канала, l - текущая глубина заполнения капилляра жидкостью; l_0 -

длина капилляра; l_{∞} - предельная глубина заполнения капилляра; $2R$ - диаметр капилляра.

При этом, уравнение кинетики (1) впитывания будет иметь вид:

$$v_{cp} = \frac{dl}{dt} = \frac{R^2}{8\mu} \left(\frac{2\sigma \cos \theta}{R} - \frac{p_a l}{l_0 - l} \right) \quad (1)$$

Из этого уравнения определяется величина предельной глубины заполнения цилиндрического капилляра l_{∞} . Поскольку при $l \rightarrow l_{\infty}$ скорость $V_{cp} \rightarrow V_0$, то уравнение будет иметь вид (2)

$$l_{\infty} = l_0 \frac{p_k}{p_a + p_k} = l_0 \Psi, \text{ где } \Psi = \frac{p_k}{p_a + p_k} \quad (2)$$

В то же время из практики капиллярной дефектоскопии известно, что оптимальная продолжительность заполнения дефектов пенетрантом составляет в зависимости от вида дефектоскопических материалов, объектов контроля и технических требований к ширине раскрытия выявляемых дефектов от нескольких до десятков минут. Объяснение этого кажущегося противоречия состоит в том, что не только капиллярное впитывание характеризует объем проникшего в полости дефектов пенетранта, но и диффузионная пропитка.

И если при этом продолжительность первой стадии очень мала, то продолжительность второй – на несколько порядков выше. В результате именно за несколько минут, и тем более десятков минут, требуемых технологическим процессом контроля, объём пенетранта в полости дефекта значительно увеличивается вследствие растворения и диффузии запертого в

канале воздуха, что, в свою очередь, повышает чувствительность и надежность контроля.

Для расчёта расстояния l_d , пройденного за время t мениском жидкости в результате растворения и диффузии газа в тупиковом цилиндрическом капилляре после установления равновесия, соответствующего глубине l_∞ , используется выражение (3):

$$l_d = \frac{2\Psi k_g \sqrt{DRT}}{M\sqrt{\pi}} \sqrt{t} \quad (3)$$

где $\Psi = p_k / (p_k + p_a)$;

M – кмоль;

k_g – постоянная растворимости Генри;

D – коэффициент диффузии газа в жидкости;

T – температура, К;

R – универсальная газовая постоянная.

1.4 Гидродинамика проникновения жидкости в полости дефектов

Три основных уравнения для потока жидкости - это уравнение неразрывности (уравнение непрерывности потока), уравнение Бернулли и уравнение импульса (4).

$$V \times S = \text{const} \quad (4)$$

где v - скорость жидкости, S - площадь поперечного сечения трубы, через которую протекает жидкость.

Это называется уравнением непрерывности потока, которое показывает, что когда несжимаемая жидкость непрерывно протекает в канале, поток через каждую секцию одинаков, а скорость потока обратно пропорциональна площади поперечного сечения потока. Поэтому, когда скорость потока постоянна, скорость потока велика в тонкой трубе, а скорость потока мала в трубе большого диаметра.

Согласно закону сохранения энергии уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной жидкости под действием силы тяжести в канале, как представлено в формуле (5) будет выглядеть следующим образом:

$$P + (\rho \times V^2)/2 + \rho \times g \times h = \text{const} \quad (5)$$

где P - давление жидкости, ρ - её плотность, V - скорость движения, g - ускорение свободного падения, h - высота, на которой находится элемент жидкости; $(\rho \times v^2) / 2$ - динамическое давление - кинетическая энергия единиц объёма движущей жидкости; $\rho \times g \times h$ - весовое давление - потенциальная энергия единиц объёма жидкости; P - статическое давление, по своему происхождению является работа сил давления и не представляет собой запас какой-либо специальный вид энергия («энергия давления»).

Формула (5) - это уравнение Бернулли для идеальной жидкости, которое показывает связь между положением, давлением и скоростью каждой точки массы текучей жидкости. Его физический смысл: идеальная жидкость для стабильного потока в трубе имеет три вида энергии: кинетическую энергию, потенциальную энергию положения и энергию давления. Три вида энергии в

любом поперечном сечении могут быть преобразованы друг в друга, но сумма их остается неизменной.

Принцип капиллярного контроля заключается в явлении капиллярности. Тонкие трубки установлены в большом сосуде, который содержит жидкость. Когда край капилляра касается жидкости, уровень жидкости в капилляре поднимается выше уровня в сосуде. Высота подъема рассчитывается по формуле (6):

$$h = \frac{2\sigma \sin \theta}{\rho g R} \quad (6)$$

где R – радиус капилляра, ρ – плотность жидкости, g – ускорение силы тяжести. Как видно из формулы, чем больше смачивание, тем больше капиллярный подъем.

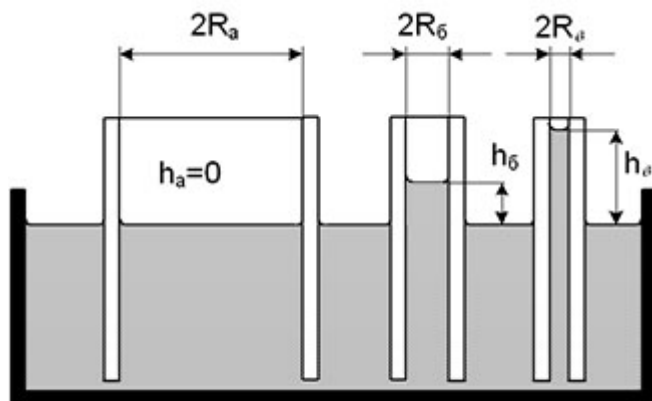


Рисунок 3. Влияние радиуса капилляра на высоту подъема жидкости

Сущность этого закона состоит в том, что высота капиллярного подъема h обратно пропорциональна радиусу капилляра. Поэтому чем тоньше капиллярная трещина, тем глубже будет проникать в нее дефектоскопическая жидкость.

При технологической операции проявления очень важно, чтобы проявителя было как можно меньше. Тогда индикаторная жидкость будет более эффективно извлекаться капиллярными силами проявителя из дефекта и образовывать след на поверхности слоя проявителя, т.е. дефект будет обнаружен.

Для любых жидкостей можно подсчитать радиус трубки, при котором явление капиллярности не проявляется, когда подъём жидкости пренебрежимо мал. Для воды, например, подъём в стеклянных трубках диаметром около 3,6 мм уже не наблюдается невооруженным глазом, т.е. капиллярами условно можно считать трубки диаметром менее 3,0 мм и соответственно дефекты (трещины, поры и др.) раскрытием менее 3 мм можно считать тоже капиллярными.

Число Рейнольдса характеризует относительную величину инерционных сил и вязких сил потока жидкости и может быть использовано для определения количества раз, когда картина потока не имеет причины, и обозначается как Re . Число Рейнольдса определяется следующей формулой (7):

$$Re = \rho V d / \mu \quad (7)$$

где ρ - коэффициент плотности жидкости, μ - коэффициент вязкости жидкости и динамической вязкости, V - характерная скорость, d - характерная длина потока. В течение нескольких часов Рейнольдса вязкий эффект играет важную роль во всем поле потока, а поток является ламинарным. Когда число

Рейнольдса велико, турбулентное перемешивание и перемешивание играют решающую роль, а поток является турбулентным

Для воды, бензина и алкоголя, числа Рейнольдса при течении в капиллярах обычно меньше 2000, а что происходит ламинарное течение жидкости. Ламинарный поток, существует только вязкое напряжение сдвига.

В простом сдвиговом потоке вязкое напряжение сдвига: $\mu * \frac{du}{dy}$

$\frac{du}{dy}$ скорость сдвиговой деформации, т.е. скорость изменения скорости в вертикальном направлении, μ - коэффициент динамической вязкости, который является константой, связанной с типом жидкости и температурой. Эта формула выражает знаменитый ньютоновский закон внутреннего трения.

Как сопротивление трения в ламинарном потоке, так и потери напора вдоль потока пропорциональны первичному расходу, а распределение скорости потока является параболическим. Распределение ламинарного потока по цилиндрической трубке показано на рисунке 4.

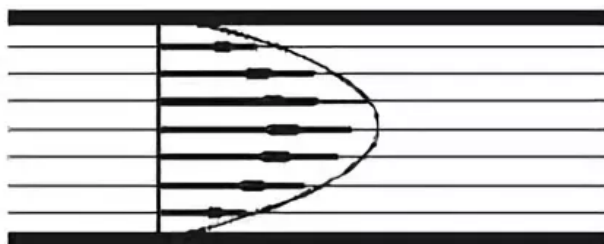


Рисунок 4. Распределение ламинарного потока в цилиндрическом капилляре

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Оценка перспективности исследований

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целью данного раздела является оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-исследовательской работы (НИР), планирование процесса управления НИР, определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

Работа направлена на исследование влияния особенности пенетранта, на проникновение в капилляре в неразрушающем контроле. В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные опыты разных видов пенетранта скорости технологического процесса капиллярного контроля. Так же проведены все стадии капиллярной дефектоскопии с использованием необходимого оборудования и материалов.

Областью применения является капиллярный контроль. Капиллярный контроль предназначен для выявления невидимых или слабо видимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов (трещины, поры, раковины, непровары, межкристаллическая коррозия, свищи и т.д.) в объектах контроля, определения их расположения, протяженности и ориентации по поверхности.

Капиллярные методы применяют при контроле ответственных деталей в авиастроении, судостроении, энергетическом и сельскохозяйственном

машиностроении, на железнодорожном транспорте, нефтегазовой отрасли и других отраслях промышленности.

Следовательно, потенциальными потребителями результатов исследований могут быть:

- лаборатории, проводящие контроль капиллярным методом контроля;
- аттестационные центры по неразрушающему контролю;
- различные машиностроительные и авиастроительные заводы;
- крупные компании федерального масштаба (ОАО «Газпром»).

Таблица 20 – Карта сегментирования рынка

	вид наблюдения	
	люминесцентные	контрастные
Промышленные предприятия		
Научно – исследовательские центры		
Физические лица		

Для исследования потенциальных потребителей результатов

Сегмент освоен

Сегмент освоен слабо

Сегмент не освоен или информация не найдена

исследования была использована карта сегментирования рынка, т.е. по данной

карте можно увидеть обстановку потребителей разных видов наблюдения пенетранта в разных областях.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Поскольку рынок пребывает в постоянном движении, необходимо систематически производить детальный анализ конкурирующих разработок. Проведение анализа помогает вносить коррективы в научное исследование для успешного противостояния конкурентным разработкам. Для проведения данного анализа необходимо обладать всей имеющейся информацией о разработках конкурентов, такой как: технические характеристики разработки, конкурентоспособность разработки, уровень завершенности научного исследования, уровень проникновения на рынок и т.д.

Проводить анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения удобно с помощью оценочной карты (таблица 21). Это необходимо для оценки сравнительной эффективности научной разработки и определения направления ее будущего повышения.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 21, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Конкуренция- продажа различных видов материалов для неразрушающего контроля на рынке. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (9)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 21. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,11	5	3	3	0,55	0,33	0,33
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	4	3	5	0,28	0,21	0,35
4. Энергоэкономичность	0,09	5	4	3	0,45	0,36	0,27
5. Надежность	0,16	4	2	3	0,64	0,32	0,48
7. Безопасность	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
8. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	4	3	3	0,16	0,12	0,12
9. Простота эксплуатации	0,07	3	5	4	0,21	0,35	0,28
11.Массогабаритные параметры устройства	0,04	2	3	5	0,04	0,06	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,02	4	3	2	0,16	0,12	0,08

2. Уровень проникновения на рынок	0,04	2	3	2	0,06	0,09	0,06
3. Цена	0,03	3	4	3	0,08	0,16	0,12
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	4	2	3	0,35	0,14	0,22
5. Послепродажное обслуживание	0,08	4	4	4	0,35	0,19	0,27
6. Срок выхода на рынок	0,03	5	2	3	0,08	0,07	0,05
7. Наличие сертификации разработки	0,08	5	3	5	0,36	0,44	0,46
Итого	1	59	51	51	4,17	3,34	3,78

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Результаты, полученные в результате исследования, показывают, что пенетрант более конкурентоспособен в лаборатории. Несколько ниже цены, надежность и более продолжительный срок службы. Недостатком является то, что рынок небольшой, не широко используется, и его использование является единым. Чтобы устранить эти недостатки, необходимо разработать продукты с более широким спектром применений пенетранта.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для SWOT-анализа построена таблица 22.

Таблица 22. – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота в эксплуатации. С2. Ремонтопригодность С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С4. Экологичность технологии. С5. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С6. Отсутствие аналогов на рынке.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров. Сл2. Отсутствие инженеринговой компании, способной построить производство под ключ.
Возможности: В1. Использование современной электроники в создание интеллектуального интерфейса. В2. Появление	В1В2С1С3С4С5С6; В3С3С5С6; В4С3С4С5С6;	В1Сл1Сл2Сл3; В2Сл3; В3Сл1;

дополните-льного спроса на новый продукт. ВЗ. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
Угрозы: У1. Развитая конкуренция технологий производства. У2. Введения дополни-тельных государственных требований к сертификации продукции У3. Несвоевременное фи-нансовое обеспечение на-учного исследования со стороны государства	УГ1С2С3С6; УГ2С2С4С6; УГ3С3С4;	УГ1Сл1Сл2Сл3; УГ2Сл1Сл2;

Видно, что процесс крашения требует простого процесса красителя и не требует слишком большого количества материала. Для осуществления этой операции должны быть профессионалы, но на рынке не хватает профессионалов, а потребители требуют профессиональных инспекторов. На основании анализа, выяснены сильные, слабые стороны, возможности и угрозы и их соответствия, которые помогают предприятию узнать степень необходимости проведения стратегических изменений.

4.2 Планирование научно-исследовательской работы

Для детального планирования проведения исследовательских работ необходимо определить перечень этапов, работ и распределить исполнителей. В работе задействованы два человека: студент-исполнитель и научный руководитель. Планирование работы представлено в таблице 23.

Таблица 23. – календарный план проекта

Основные этапы	Раб.	Наименование работ	Исполнитель
Подготовительный		Постановка задачи и целей дипломного проекта, принятие задания к выполнению	Руководитель Студент
		Подбор и изучение материалов по тематике	Руководитель Студент
		Анализ предметной области	Руководитель Студент
		Выявление участников и основных шагов выполнения	Руководитель Студент
Проектирование		Расчет схем и всех модулей прибора	Студент
		Разработка конструкции электрооборудований, входящих в установку	Студент
		Проведение испытаний	Руководитель Студент
Оформление документации и подготовка отчета		Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	Руководитель Студент

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 * t_{\min i} + 2 * t_{\max i}}{5} \quad (10)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;
 $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i} \quad (11)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k \quad (12)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях;

k – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} \quad (13)$$

где $T_{кг}$ – количество календарных дней в году;

– количество выходных дней в году;

– количество праздничных дней в году.

$$k = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \approx 2 \quad (14)$$

Определим удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} * 100\% \quad (15)$$

где Y_i – удельное значение каждой работы в %;

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

T_p – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы Γ_i , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1} T_{pi}}{T_p} * 100\% \quad (16)$$

где $\sum T_{pi}$ – нарастающая продолжительность на момент выполнения i -той работы.

Результаты расчетов приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб .	Исполнители	Трудоемкость работ			раб. дн T_{pi}	кал. дн. T_{ki}	U_i , %	Γ_i , %
		t_{min} , чел- дни	t_{max} , чел- дни	$t_{ож}$, чел- дни				
1	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	1	2	1	1	2	1,52	1,52
2	Минаков А.И.	12	13	12	12	24	18,18	19,7
3	Калиниченко А.Н.	1	2	1	1	2	1,52	21,22
4	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	4	5	4	4	8	6,06	27,28
5	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	25	60	25	25	50	37,88	65,16
6	Минаков А.И.	4	6	4	4	8	6,06	71,22
7	Минаков А.И.	3	4	3	3	6	4,55	75,77
8	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	2	3	2	2	4	3,03	78,8
9	Минаков А.И.	14	18	14	14	28	21,21	100
						132		

В результате расчета трудоемкости работ получили, что научно-исследовательская работа займет 132 календарных дня. Наиболее долгий этап работы — это поиск и обеспечение необходимых материалов для проведения исследований. Это связано с заказом стеклянных капилляров и длительным временем их доставки.

4.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта. Линейный график представляется в таблице 25.

Таблица 25. календарный план проекта

Основные этапы	№ Раб.	Наименование работ	Исполнитель
Подготовительный	1	Постановка задачи и целей дипломного проекта, принятие задания к выполнению	Руководитель Студент
	2	Подбор и изучение материалов по тематике	Руководитель Студент
	3	Анализ предметной области	Руководитель Студент
	4	Выявление участников и основных шагов выполнения	Руководитель Студент
Проектирование	5	Расчет схем и всех модулей прибора	Студент
	6	Разработка конструкции электрооборудований, входящих в установку	Студент
	7	Проведение испытаний	Руководитель Студент

	8	Исправление и доработка прибора	Руководитель Студент
Оформление документации и подготовка отчета	9	Оформление пояснительной записки и подготовка к защите	Руководитель Студент

Для иллюстрации календарного плана была использованы календарный и сетевой графики, т.е. по данной диаграмме можно увидеть даты начала и окончания каждого из вида работ. Некоторые из работ могут проводиться параллельно, что позволяет сократить время выполнения работ и снизить затраты на научную исследовательскую работу.

4.3.3 Бюджет научно-технического исследования

Для планирования бюджета на научно-исследовательскую работу необходимо отразить все виды расходов, связанных на выполнение исследования. В список расходов включены следующие виды затрат:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы научно-исследовательской работы.

4.3.4 Расчет материальных затрат

Материальные затраты – это затраты на материалы, используемые при разработке проекта. Например, в данной работе затраты включают в себя:

- приобретение сырья и материалов, необходимых для исследования;
- приобретение сырья и материалов используемые в процессе исследования;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований и для эксплуатации технического обслуживания – объектов испытаний;
- Приобретение необходимого оборудования и экспериментальной установки для исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) + \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (17)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

- количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к

использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

– цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

– коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 26

Таблица 26. Материальные затраты на НИР (руб.)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Набор дефектоскопических материалов Вycotest	шт.	1	1 800	1 800
Стеклянные капилляры(упаковка)	шт.	2	500	1000
Контрольный образец	шт.	4	5 000	20 000
<u>Вибростенд Sentek Dynamics T10056A</u>	шт.	1	130 000	130 000
Итого				152 800

Цена за единицу товара указана с учетом доставки материальных ресурсов и поставок. Следовательно, затраты на материалы и оборудование для проведения исследования составили 152 800 руб.

4.3.5 Основная заработная плата исполнителей темы

В основную заработную плату исполнителей темы включается, плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (18)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (19)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, р. дней (таблица 2);

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}, \quad (20)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, р. дней (таблица 27).

Таблица 27 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	102	54
- праздничные дни	16	12
Потери рабочего времени:		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	220	272

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

основании отраслевой оплаты труда, которая предполагает состав заработной платы:

1) Оклад – определяется предприятием. Оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор.

2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд и т.д.

3) Иные выплаты; районный коэффициент.

4.3.6 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (21)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{\text{доп пр}} = 51150 \cdot 0,15 = 7673 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп ст}} = 10530 \cdot 0,15 = 1580 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = 7673 + 1580 = 9253 \text{ руб.}$$

4.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{дон}), \quad (23)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 28

Таблица 28. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды
Руководитель	51150	7673	15898
Студент	10530	1580	3272
Итого			19170

Отчисления во внебюджетные фонды составили 19170 рублей.

4.3.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовый и телеграфный расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (215100 + 51150 + 7673 + 10530 + 1580) \cdot 0,16 = 45765 \text{ руб.}$$

Следовательно, расходы на прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов, составили 45765 рублей.

4.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведет в таблице 29.

Таблица 29 Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НИР	152 800	Пункт 4.5.1
Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	61680	Пункт 4.5.2
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9253	Пункт 4.5.3
Отчисления во внебюджетные фонды	19170	Пункт 4.5.4
Накладные расходы	45765	16% от суммы ст. 1-4
Бюджет затрат НИР	288 668	Сумма ст. 1-5

Бюджет и затраты на исследовательскую работу составили 288 668 рублей. Общая продолжительность исследования составляет 132 календарных дня. Согласно смете затрат, наибольшие затраты идут на основную заработную плату научно-производственного персонала и материальные затраты.

4.5 Определение социальной и экономической эффективности

исследования

В результате выполнения поставленных в данном разделе задач, можно сделать следующие выводы:

Технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности и экономичности технического производства.

Составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта, а также дать рекомендации по оптимизации этих затрат.

Оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат, что говорит об эффективности реализации технического проекта.

С учетом вышеотмеченного, можно заключить, что реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства, как социальную, путем улучшения безопасности, так и ресурсосберегающую, путем внедрения более универсального оборудования, требующего меньше затрат при эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенной работа мы изучили принцип капиллярного контроля, характер движения жидкостей в дефектах и изучили основные объекты капиллярного контроля. Мы использовали программный комплекс моделирования жидкостей в сквозных и тупиковых капиллярах. Изучено процесс движения различных жидкостей в горизонтальном и вертикальном капиллярах.

Мы оценили коммерческого и инновационного потенциала научно-исследовательской работы (НИР), исследовали планирование процесса управления НИР, определили ресурсной, финансовой, экономической эффективности. Выбрали оптимального метода, исходя из экономических возможностей потребителя.

Мы исследовали производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях о капиллярные контроле, и представлен стандарта обеспечения безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазков, Ю.А. Капиллярный контроль: учебное пособие для вузов [Текст] / Ю. А. Глазков; Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД); под ред. В. В. Клюева. — Москва: Спектр, 2011. — 144 с.: ил. — Диагностика безопасности.
2. Капиллярный неразрушающий контроль [Электронный ресурс] <http://ndt-testing.ru/> - свободный. - загл. с экрана – Яз.рус. Дата обращения 01.06.2016 г.
3. Лобанова И.С., Мещеряков В.А., Калиниченко Н.П., Калиниченко А.Н., Киселева М.С. Моделирование проникновения жидкостей в несплошности из неметаллических материалов б. – загл. с экрана. – Режим доступа: <http://elib.altstu.ru>, дата обращения 04. 02. 2016.
4. ГОСТ — 18442 — 80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы контроля.
5. Калиниченко Н. П., Калиниченко А. Н., Лобанова И. С. Универсальный контрольный образец для капиллярной дефектоскопии [Текст] // Контроль. Диагностика. - 2012 - №. 11(173) - с. 34-36.
6. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.